

Control system for protecting an internal combustion engine from overloading

Patent number: DE19953767

Publication date: 2001-05-23

Inventor: DOELKER ARMIN (DE); SPAEGELE THOMAS (DE);
WEHLER KLAUS (DE)

Applicant: MOTOREN TURBINEN UNION (DE)

Classification:

- international: F02D41/22; F02D45/00; F02D41/14

- european: F02D31/00B4D

Application number: DE19991053767 19991109

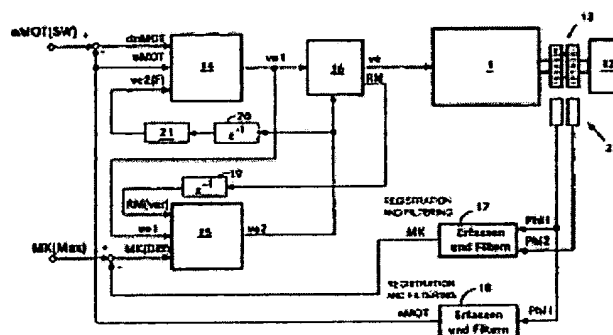
Priority number(s): DE19991053767 19991109

Also published as:

WO0134959 (A1)
EP1228300 (A1)
US6807939 (B1)
EP1228300 (B1)

Abstract of DE19953767

The invention relates to a control system for protecting an internal combustion engine (1) from overloading. The output of the internal combustion engine is adjusted with an output-determining signal (ve) according to an input signal which characterises the desired output. According to the invention, a differential torque (MK(Diff)) is calculated from the current motor torque (MK) and a maximum permissible motor torque (MK(Max)). This differential torque (MK(Diff)) in turn determines an authoritative second signal (ve2) ($ve2=f(MK(Diff))$). A first signal (ve1) that is determined from an input signal characterising the desired output and the second signal (ve2) are directed to a selecting means (16) which selects the first (ve1) or second signal (ve2) as the signal that determines the output (ve).



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

Express Label No.
EV343679671US

BEST AVAILABLE COPY



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 53 767 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
F 02 D 41/22
F 02 D 45/00
F 02 D 41/14

⑦① Aktenzeichen: 199 53 767.4
⑦② Anmeldetag: 9. 11. 1999
⑦③ Offenlegungstag: 23. 5. 2001

DE 199 53 767 A 1

⑦① Anmelder:
MTU Motoren- und Turbinen-Union
Friedrichshafen GmbH, 88045 Friedrichshafen, DE

⑦② Erfinder:
Dölker, Armin, Dipl.-Ing., 88090 Immenstaad, DE;
Spägle, Thomas, Dr.-Ing., 88069 Tettnang, DE;
Wehler, Klaus, Dipl.-Ing., 88046 Friedrichshafen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

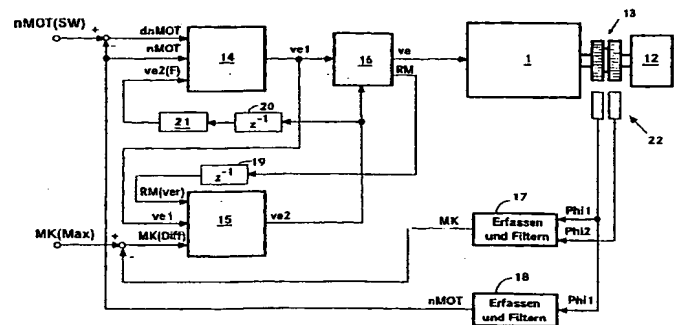
DE 196 24 085 A1
DE 195 15 481 A1
DE 692 00 053 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Regelsystem zum Schutz einer Brennkraftmaschine vor Überlast

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Regelsystem zum Schutz einer Brennkraftmaschine (1) vor Überlast, deren Leistung in Abhängigkeit eines den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignals über ein leistungsbestimmendes Signal (ve) eingestellt wird. Hierzu schlägt die Erfindung vor, daß aus dem aktuellen Motormoment (MK) und einem maximal zulässigen Motor-Moment (MK(Max)), ein Differenzmoment (MK(Diff)) berechnet wird. Das Differenzmoment (MK(Diff)) wiederum bestimmt maßgeblich ein zweites Signal (ve2)($ve2 = f(MK(Diff))$). Ein erstes Signal (ve1), das aus einem den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignal bestimmt wird, und das zweite Signal (ve2) sind auf ein Auswahlmittel (16) geführt. Das Auswahlmittel (16) setzt das erste (ve1) oder zweite Signal (ve2) als leistungsbestimmendes Signal (ve).



DE 199 53 767 A 1

Express Label No.
EV343679671US

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Regelsystem zum Schutz einer Brennkraftmaschine vor Überlast, deren Leistung, in Abhängigkeit eines den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignals, über ein leistungsbestimmendes Signal eingestellt wird.

Ein derartiges Regelsystem ist aus der DE 195 15 481 A1 bekannt. Bei diesem System wird ein Leistungswunsch über einen Wählhebel vorgegeben. Hieraus wird ein Motordrehzahl-Sollwert für einen Drehzahlregelkreis und ein Steigungswinkel-Sollwert für eine Lastregelstufe berechnet. Der Motordrehzahlregler berechnet aus der Regelabweichung eine Einspritzmenge sowie deren Differenz zur maximal möglichen Einspritzmenge. Diese Differenz wird auf die Lastregelstufe geführt. Die Lastregelstufe steuert einen Verstellpropeller in Abhängigkeit des Steigungswinkel-Sollwerts, der Einspritzmengen-Differenz und des Motordrehzahl-Gradienten. Das sich am Abtrieb der Brennkraftmaschine einstellende Moment bleibt bei diesem System jedoch unberücksichtigt. Veränderte Randbedingungen, beispielsweise höhere Kraftstoffqualität, oder rasche Lasterhöhungen am Abtrieb, bewirken hohe Motor-Momente. Diese können über den vom Motorhersteller spezifizierten Werten liegen und eine Schädigung der Brennkraftmaschine verursachen.

Ausgehend vom zuvor beschriebenen Stand der Technik, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, diesen im Hinblick auf einen sicheren Schutz der Brennkraftmaschine weiterzuentwickeln.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Regelsystem gelöst, bei dem aus dem aktuellen und einem maximal zulässigen Motor-Moment ein Differenzmoment berechnet wird. Das Differenzmoment bestimmt hierbei maßgeblich ein zweites Signal. Das zweite Signal und ein aus dem Leistungswunsch ermitteltes erstes Signal werden auf ein Auswahlmittel geführt. Über das Auswahlmittel wird das erste oder zweite Signal als leistungsbestimmendes Signal gesetzt. Unter leistungsbestimmendem Signal ist im Sinne der Erfindung eine Einspritzmenge oder ein Regelweg einer Regelstange zu verstehen. In Ausgestaltung hierzu wird vorgeschlagen, daß das Auswahlmittel eine Minimalwertauswahl enthält. Über die Minimalwertauswahl wird das Signal als leistungsbestimmendes Signal gesetzt, dessen Wertigkeit am Geringsten ist.

In einer Ausgestaltung hierzu ist vorgesehen, daß das erste Signal mittels eines ersten Reglers oder alternativ mittels eines Funktionsblock bestimmt wird. Das zweite Signal wiederum wird über einen zweiten Regler bestimmt. Weitere Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

Das Regelsystem gemäß der Erfindung ist in der Art ausgeführt, daß im Normalbetrieb das erste Signal das leistungsbestimmende Signal darstellt. Die Leistung der Brennkraftmaschine wird vom ersten Regler oder von einem Funktionsblock in Abhängigkeit des Leistungswunsches bestimmt, d. h. sie befindet sich im Drehzahl-Modus. Überschreitet nun das Moment am Abtrieb der Brennkraftmaschine das maximal zulässige Motor-Moment, so fällt der Wert des zweiten Signals unter den Wert des ersten Signals. Über das Auswahlmittel erfolgt dann ein Wechsel in der Dominanz zum zweiten Regler. Der zweite Regler bestimmt über das zweite Signal die Leistung der Brennkraftmaschine, d. h. sie befindet sich im Momentbegrenzungsregler-Modus, nachfolgend als MBR-Modus bezeichnet. Auf Grund der Regelabweichung wird der zweite Regler über die Verringerung des leistungsbestimmenden Signals das Moment am Abtrieb solange reduzieren, bis das maximal

zulässige Motor-Moment wieder unterschritten wird. Danach erfolgt ein Wechsel zurück zum ersten Regler.

Um sprungförmige Änderungen des leistungsbestimmenden Signals bei einem Wechsel in der Dominanz zu vermeiden, sind die beiden Regelkreise miteinander gekoppelt, wobei der integrierende Anteil des zweiten Reglers in Abhängigkeit des Differenzmoments entweder auf den Wert des ersten Signals gesetzt oder limitiert wird.

Die erfindungsgemäße Lösung und deren Ausgestaltung bieten den Vorteil, daß auf ein sich rasch erhöhendes Moment am Abtrieb, zum Beispiel beim Wiedereintauchen eines Waterjet-Antriebes, gezielt reagiert wird, indem das leistungsbestimmende Signal verringert wird. Hierdurch wird die Brennkraftmaschine wirksam vor Überlast geschützt.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Brennkraftmaschine leichter abzustimmen ist. Bekanntermaßen werden für jede Brennkraftmaschine bei einem Prüfstandlauf die individuellen Kennwerte der Brennkraftmaschine ermittelt, zum Beispiel die Grenzwertlinie (DBR-Kurve) der maximal zulässigen Kraftstoffeinspritzmenge. Diese applizierten Datenwerte sind von Brennkraftmaschine zu Brennkraftmaschine des gleichen Typs jedoch unterschiedlich und gelten nur für die vorgegebenen Randbedingungen. Demgegenüber eröffnet die Erfindung die Möglichkeit, daß identische Datenwerte verwendet werden können und zwar so, daß das maximale Motor-Moment unter allen möglichen Randbedingungen abgegeben wird. Wird das gemessene Motor-Moment größer als das maximal zulässige Motor-Moment, so führt der zweite Regler eine Korrektur im Sinne einer Reduktion des leistungsbestimmenden Signals durch.

Das in der Erfindung dargestellte Regelsystem ist bei Brennkraftmaschinen in Common-Rail-Bauweise, PLD-Bauweise (Pumpe-Leitungs-Düse) oder konventioneller Bauweise einsetzbar.

In den Figuren ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dargestellt. Es zeigen

Fig. 1 Ein Systemschaubild

Fig. 2 Blockschaltbild erster und zweiter Regler

Fig. 3 Blockschaltbild Funktionsblock und zweiter Regler

40

Fig. 4 Blockschaltbild zweiter Regler

Fig. 5 Tabelle

Fig. 6 Blockschaltbild Berechnung I-Anteil

Fig. 7 Blockschaltbild erster Regler

Fig. 8 Zeitdiagramm

Fig. 9 Programmablaufplan

In Fig. 1 ist ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine mit Speichereinspritzsystem (Common-Rail) dargestellt. Dieses zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit Turbolader und Ladeluftkühler 2, ein elektronisches Motorsteuergerät 11, eine erste Pumpe 4, eine zweite Pumpe 6, einen Hochdruckspeicher (Rail) 7, daran angeschlossene Injektoren 8 und ein Drosselventil 5. Die erste Pumpe 4 fördert aus einem Kraftstofftank 3 den Kraftstoff via dem Drosselventil 5 zur zweiten Pumpe 6. Diese wiederum fördert den Kraftstoff unter hohem Druck in den Hochdruckspeicher 7. Das Druckniveau des Hochdruckspeichers 7 wird über einen Rail-Drucksensor 10 erfaßt. Aus dem Hochdruckspeicher 7 zweigen Leitungen mit daran angeschlossenen Injektoren 8 für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine 1 ab.

Das elektronische Motorsteuergerät 11 steuert und regelt den Zustand der Brennkraftmaschine 1. Dieses weist die üblichen Bestandteile eines Mikrocomputersystems auf, beispielsweise Mikroprozessor, I/O-Bausteine, Puffer und Speicherbausteine (EEPROM, RAM). In den Speicherbausteinen sind die für den Betrieb der Brennkraftmaschine 1 relevanten Betriebsdaten in Kennfeldern/Kennlinien appliziert. Die in Fig. 1 dargestellten Eingangsgrößen des elek-

tronischen Motorsteuergeräts 11 sind:

Druck des Zylinderraums $p_{IST}(i)$, der mittels Drucksensoren 9 gemessen wird, Druck p_{CR} des Hochdruckspeichers 7, Leistungswunsch FW , sowie weiteren Eingangsgrößen, die mit dem Sammel-Bezugszeichen E bezeichnet sind. Als Ausgangsgrößen A des elektronischen Motorsteuergeräts 11 sind die Ansteuersignale für die Injektoren 8, entsprechend dem Einspritzbeginn SB und der Einspritzmenge ve , und das Ansteuersignal ADV für das Drosselventil 5 dargestellt. Über das Drosselventil 5 wird der Zulauf zur zweiten Pumpe 6 eingestellt.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild des Regelsystems mit gekoppelter Regelkreisstruktur. Dargestellt sind: ein erster Regler 14, ein zweiter Regler 15, ein Auswahlmittel 16 und die Brennkraftmaschine 1 mit dem Einspritzsystem. Die Brennkraftmaschine 1 treibt via einer Kupplung 13 eine Motorlast 12 an, zum Beispiel einen Waterjet-Antrieb. Die Zahnwinkel Φ_{11} und Φ_{12} der Kupplung 13 werden von Drehzahlsensoren 22 detektiert. Aus dem Zahnwinkel Φ_{11} wird über den Funktionsblock Erfassen/Filtern 18 die Motordrehzahl n_{MOT} berechnet. Dieses Signal wird an einem Subtraktionspunkt mit der Führungsgröße, dem Motordrehzahl-Sollwert $n_{MOT}(SW)$, verglichen. Der Sollwert $n_{MOT}(SW)$ stellt hierbei das den Leistungswunsch kennzeichnende Eingangssignal dar.

Über den Funktionsblock Erfassen/Filtern 17 wird aus den beiden Zahnwinkeln Φ_{11} und Φ_{12} das Motor-Moment MK am Abtrieb der Brennkraftmaschine 1 ermittelt. Das Motor-Moment MK wird mit einem maximal zulässigen Motor-Moment $MK(Max)$ verglichen. Das maximal zulässige Motor-Moment $MK(Max)$ wird aus den Eingangsgrößen E bestimmt, z. B. Motordrehzahl n_{MOT} , Laderdrehzahl, Ladeluftdruck p_{LL} , Kraftstoff-, Abgas- und Kühlwassertemperatur.

Alternativ zum gemessenen Motor-Moment MK kann dieses auch mittels eines mathematischen Modells berechnet werden. Beispielsweise kann das mathematische Modell eine thermodynamische Abbildung der Brennkraftmaschine enthalten.

Die Eingangsgrößen des ersten Reglers 14 sind: die Drehzahldifferenz dn_{MOT} , die Motordrehzahl n_{MOT} und ein Signal $ve_2(F)$. Das Signal $ve_2(F)$ entsteht aus einem zweiten Signal ve_2 , indem das zweite Signal ve_2 über ein Verzögerungsglied 20 und Filter 21 modifiziert wird. In einer einfacheren Ausführungsform kann das zweite Signal ve_2 auch direkt auf den ersten Regler 14 geführt sein oder nur über das Verzögerungsglied 20 bzw. das Filter 21 geführt sein. Die Ausgangsgröße des ersten Reglers 14 ist das erste Signal ve_1 . Dieses ist auf das Auswahlmittel 16 und den zweiten Regler 15 geführt. Die Eingangsgrößen des zweiten Reglers 15 sind: das Differenzmoment $MK(Diff)$, das erste Signal ve_1 und ein modifizierter Reglermodus $RM(ver)$. Das Signal des modifizierten Reglermodus $RM(ver)$ wiederum entspricht einem um eine Abtastperiode verzögerten Reglermodus RM . Die Zeitverzögerung erfolgt mittels des Verzögerungsglieds 19. Das Ausgangssignal des zweiten Reglers 15 ist das zweite Signal ve_2 . Dieses ist auf das Auswahlmittel 16 und das Verzögerungsglied 20 geführt.

Das Auswahlmittel 16 enthält eine Minimalwertauswahl. Über die Minimalwertauswahl wird als leistungsbestimmendes Signal ve das erste Signal ve_1 gesetzt, wenn das erste Signal ve_1 kleiner oder gleich dem zweiten Signal ve_2 ist. Für diesen Fall wird der Reglermodus RM auf einen ersten Wert gesetzt. Dies entspricht einem Betrieb der Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus. Als leistungsbestimmendes Signal ve wird das zweite Signal ve_2 gesetzt, wenn das zweite Signal ve_2 kleiner als das erste Signal ve_1 ist. In diesem Fall wird der Reglermodus RM auf einen zweiten

Wert gesetzt. Dies entspricht einem Betrieb der Brennkraftmaschine im MBR-Modus. Die Ausgangssignale des Auswahlmittels 16 sind das leistungsbestimmende Signal ve und der Reglermodus RM . Das leistungsbestimmende Signal ve wird auf die Einspritzeinrichtung der Brennkraftmaschine 1 geführt. Unter leistungsbestimmendem Signal im Sinne der Erfindung ist die Einspritzmenge oder der Regelweg einer Regelstange zu verstehen. Die Struktur des ersten Reglers 14 wird in Verbindung mit der Fig. 7 erklärt. Die Struktur des zweiten Reglers 15 wird in Verbindung mit den Fig. 4 bis 6 erklärt.

Die Funktion des Regelsystems ist folgendermaßen: solange das Motor-Moment MK deutlich kleiner als das maximal zulässige Motor-Moment $MK(Max)$ ist, greift der zweite Regler 15 nicht in den ersten Regler 14 ein. Dies wird dadurch gewährleistet, daß der integrierende Anteil (I-Anteil) des zweiten Reglers 15 auf den Wert des vom ersten Reglers 14 berechneten ersten Signals ve_1 , gesetzt wird. Da das Differenzmoment $MK(Diff)$ positiv ist, wird der integrierende Anteil des zweiten Reglers 15, z. B. bei Verwendung eines PI-Reglers, mit einem positiven Proportionalanteil (P-Anteil) addiert. Das vom zweiten Regler 15 berechnete zweite Signal ve_2 ist somit größer als das erste Signal ve_1 . Folglich bleibt die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus. Erst wenn das Motor-Moment MK weiter ansteigt und sich dem maximal zulässigen Motor-Moment $MK(Max)$ annähert, wird der Integriervorgang des I-Anteils des zweiten Reglers 15 gestartet. Dies ermöglicht einen störungsfreien Übergang vom ersten Regler 14 auf den zweiten Regler 15, da der I-Anteil des zweiten Reglers 15 nun frei laufen kann und nicht mehr gesetzt wird. Wird das zweite Signal ve_2 kleiner als das erste Signal ve_1 , so wechselt die Brennkraftmaschine vom Drehzahl-Modus in den MBR-Modus.

Das vom zweiten Regler 15 berechnete zweite Signal ve_2 wird zur Begrenzung des I-Anteils des ersten Reglers 14 verwendet. Die Begrenzung des I-Anteils des ersten Reglers 14 erfolgt jedoch wegen des Verzögerungsglieds 20 und des Filters 21 zeitlich versetzt. Es liegt somit keine Rückkopplung des ersten Signals ve_1 auf den I-Anteil des ersten Reglers 14 vor. Insofern sind der Ausgang des ersten Reglers 14 und der I-Anteil des ersten Reglers 14 dynamisch entkoppelt. Hierdurch wird eine unerwünschte Verstärkung der Reglerdynamik wirksam verhindert. Beispielsweise bei einer schnellen Entlastung der Brennkraftmaschine, verkleinert sich das Ausgangssignal des ersten Reglers 14, also das erste Signal ve_1 . Insofern verringern sich auch der I-Anteil des zweiten Reglers 15 und das zweite Signal ve_2 . Ohne die verzögernde Wirkung des Filters 21 würde sofort auch der I-Anteil des ersten Reglers 14 verkleinert werden, was unter Umständen zu einer weiteren Verkleinerung des ersten Signals ve_1 führen könnte.

Fig. 3 zeigt eine alternative Ausführung des Blockschaltbildes der Fig. 2. Im Unterschied zur Fig. 2 wird bei diesem Blockschaltbild das erste Signal ve_1 über einen Funktionsblock 23 in Abhängigkeit eines Leistungswunsches, hier Fahrpedal FP , berechnet. Der Funktionsblock 23 beinhaltet die Umrechnung der Fahrpedalstellung in das erste Signal ve_1 . Hierzu sind entsprechende Kennlinien einschließlich einer Begrenzung vorgesehen. Die für die Umrechnung erforderlichen Eingangsgrößen sind mit dem Bezugszeichen E dargestellt, beispielsweise Motordrehzahl n_{MOT} , Ladeluftdruck p_{LL} usw. Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß das zweite Signal ve_2 bei dem Blockschaltbild gemäß der Fig. 3 ausschließlich auf das Auswahlmittel 16 geführt ist. Gegenüber der Fig. 2 entfällt der Soll-/Ist-Vergleich der Motordrehzahl, da der Leistungswunsch über ein Fahrpedal vorgegeben wird. Der weitere Aufbau entspricht dem der

Fig. 2, so daß das dort Gesagte gilt.

Fig. 4 zeigt das Blockschaltbild des zweiten Reglers 15. Dieser weist einen integrierenden Anteil auf und ist exemplarisch als PI-Regler in zeitdiskreter Form dargestellt. In der Praxis kann der zweite Regler 15 auch als PID-Regler oder als PI(DT1)-Regler realisiert werden. Die Eingangsgrößen des zweiten Reglers 15 sind: der modifizierte Reglermodus RM(ver), das erste Signal ve1 und das Differenzmoment MK(Diff). Die Ausgangsgröße des zweiten Reglers 15 ist das zweite Signal ve2. Der zweite Regler 15 weist als Bestandteile eine Multiplikation 25, einen Funktionsblock Berechnung I-Anteil 24 und eine Summation 26 auf. Über die Multiplikation 25 wird der P-Anteil $ve2(P)$ berechnet. Über den Funktionsblock 24 wird der I-Anteil $ve2(I)$ berechnet. Die Struktur und die Funktionsweise des Funktionsblocks Berechnung I-Anteil 24 wird in Verbindung mit Fig. 5 und 6 erläutert. Der P-Anteil $ve2(P)$ errechnet sich aus dem Differenzmoment MK(Diff) und einem Proportionalbeiwert k_p . Der Proportionalbeiwert k_p kann entweder konstant vorgegeben werden oder, in Abhängigkeit vom Motormoment MK und dem eine Abtastperiode zuvor berechneten Wert des zweiten Signals ve2, berechnet werden. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß der Proportionalbeiwert k_p in Abhängigkeit des Motormoments MK und dem eine Abtastperiode zuvor berechneten I-Anteil $ve2(I)$, berechnet wird. Durch die Berechnung des Proportionalbeiwerts k_p kann das Übertragungsverhalten des zweiten Reglers 15 an unterschiedliche Betriebsbedingungen, beispielsweise unterschiedliche Kraftstoffdichte oder betriebspunktabhängige Änderungen des Motorwirkungsgrades, angepaßt werden. Das dynamische Verhalten des zweiten Reglers 15 kann optimiert werden, wenn bei der Berechnung des k_p -Wertes das Differenzmoment MK(Diff) zusätzlich berücksichtigt wird.

Wie in Fig. 4 dargestellt ergibt sich das zweite Signal ve2 aus der Summe des P-Anteils und des I-Anteils, Summation 26. Für die Berechnung gilt somit:

$$ve2 = ve2(P) + ve2(I)$$

mit:

ve2 zweites Signal

ve2(P) Proportional-Anteil (P-Anteil)

ve2(I) Integral-Anteil (I-Anteil)

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild zur Berechnung des I-Anteils $ve2(I)$ aus Fig. 4. Zu dieser Figur gehört die Tabelle der Fig. 5. Die Eingangsgrößen des Blockschaltbilds der Fig. 6 sind: das erste Signal ve1, der modifizierte Reglermodus RM(ver) und das Differenzmoment MK(Diff). Die Ausgangsgröße ist der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals ve2. Der Funktionsblock Berechnung Integral-Anteil 24 beinhaltet einen ersten Softwareschalter 33 und einen zweiten Softwareschalter 34. Für die Schaltstellungen des ersten Softwareschalters 33 gelten folgende Beziehungen:

1. Wenn der verzögerte Reglermodus RM(ver) größer oder gleich dem Wert L2 ist, dann ist der Eingang C aktiv. Der Wert L2 ist hierbei konstant auf 1 gesetzt. Der verzögerte Reglermodus RM(ver) ist 1 im Drehzahl-Modus, d. h. im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine.
2. Wenn der verzögerte Reglermodus RM(ver) kleiner als der Wert L2 ist, dann ist der Eingang D aktiv. Der verzögerte Reglermodus RM(ver) ist Null im MBR-Modus.

Für den zweiten Softwareschalter 34 gelten folgende Be-

ziehungen:

1. Wenn der Ausgangswert des ersten Softwareschalters 33 größer oder gleich dem Wert L1 ist, so ist der Eingang A aktiv. Der Wert L1 ist positiv. Dieser kann entweder aus dem maximal zulässigen Motor-Moment MK(Max) berechnet werden oder konstant sein, z. B. 150 Nm.
2. Wenn der Ausgangswert des ersten Softwareschalters 33 kleiner als der Wert L1 ist, so ist der Eingang B aktiv.

Die in Fig. 6 dargestellten Schaltstellungen des ersten 33 und zweiten Softwareschalters 34 entsprechen der ersten Zeile der Tabelle in Fig. 5. Für diesen Fall, d. h. der erste Regler 14 ist dominant und das Differenzmoment MK(Diff) ist größer als der Wert L1, sind die Schaltstellungen C/A aktiv. In diesen Schaltstellungen entspricht der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals ve2 dem ersten Signal ve1. Mit anderen Worten: der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals ve2 wird auf den Wert des ersten Signals ve1 gesetzt. Aufgrund des positiven Differenzmoments MK(Diff) ergibt sich ebenfalls ein positiver P-Anteil $ve2(P)$. Insgesamt ergibt sich somit ein zweites Signal ve2, dessen Wert größer ist als das erste Signal ve1. Über die Minimalwertauswahl des Auswahlmittels 16 wird somit das erste Signal ve1 als das leistungsbestimmende Signal ve gesetzt.

Unterschreitet nun das Differenzmoment MK(Diff) den Wert L1, d. h. das Motor-Moment der Brennkraftmaschine entwickelt sich in Richtung des maximal zulässigen Motor-Moments MK(Max), so ändert der zweite Softwareschalter 34 seine Schaltstellung, der Eingang B wird aktiv. Dieser Fall entspricht der zweiten Zeile der Tabelle in Fig. 5. In dieser Schaltstellung wird der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals ve2 nicht mehr auf den Wert des ersten Signals ve1 gesetzt, sondern auf diesen mittels des Funktionsblocks Minimalwert 31 begrenzt. Mit anderen Worten: der I-Anteil des zweiten Signals ve2 beginnt frei zu laufen. Auf den zweiten Eingang des Funktionsblocks Minimalwert 31 ist das Ergebnis einer Summation 30 geführt. Der erste Summand entspricht hierbei dem eine Abtastperiode zuvor ermittelten Wert (Verzögerungsglied 32) des I-Anteils $ve2(I)$ des zweiten Signals ve2. Der zweite Summand entsteht aus der Multiplikation 29 eines Faktors F mit der Summe des Differenzmoment MK(Diff) zum aktuellen und zum vorhergehenden Zeitpunkt, Bezugszeichen 27 und 28. Der Faktor F wird in Abhängigkeit des zuvor beschriebenen Proportionalbeiwerts k_p , einer Abtastzeit TA und einer Nachstellzeit TN berechnet. Die Nachstellzeit wiederum ist entweder konstant oder stellt eine Funktion der Motordrehzahl nMOT dar. Es gelten somit folgende Beziehungen:

$$F = f(k_p, TA, TN) \text{ und}$$

$$TN = f(nMOT); TN = \text{konstant}$$

Aus dem zuvor Beschriebenen ergibt sich, daß der Übergang vom Drehzahl-Modus zum MBR-Modus stets bei freilaufendem integrierendem Anteil des zweiten Reglers 15 erfolgt. Hierdurch wird ein sanfter Übergang vom ersten 14 auf den zweiten Regler 15, ohne sprunghafte Änderung des leistungsbestimmenden Signals ve, gewährleistet. Überschreitet das aktuelle Motor-Moment MK das maximal zulässige Motor-Moment MK(Max), so wird das zweite Signal ve2 aufgrund des negativen Differenzmoments MK(Diff) kleiner als das erste Signal ve1. Als Folgeaktion setzt das Auswahlmittel 16 das zweite Signal ve2 als das leistungsbestimmende Signal ve und setzt den Regelmodus RM auf den zweiten Wert, hier Null. Die Änderung des modifizierten

Regelmodus RM(ver) bewirkt, daß der erste Softwareschalter 33 seine Stellung ändert, der Eingang D ist jetzt aktiv. Diese Schaltstellung entspricht der dritten Zeile der Tabelle in Fig. 5. Eine Rückkehr zum Drehzahl-Modus erfolgt dann, wenn das zweite Signal ve2 größer oder gleich dem ersten Signal ve1 wird.

In Fig. 7 ist der erste Regler 14 dargestellt. Dieser weist einen integrierenden Anteil auf und ist exemplarisch als PID-Regler in zeitdiskreter Form dargestellt. In der Praxis kann der erste Regler auch als PI- oder PI(DT1)-Regler ausgeführt sein.

Die Eingangsgrößen des ersten Reglers 14 sind: die Drehzahl Differenz dnMOT, die Motordrehzahl nMOT und das modifizierte zweite Signal ve2(F).

Der dargestellte erste Regler beinhaltet drei Funktionsblöcke zur Berechnung des P-, I- und D-Anteils, entsprechend den Bezugszeichen 37 bis 39. Über den Funktionsblock 37 wird aus einer Eingangsgröße EP und der Drehzahl Differenz dnMOT der P-Anteil ve1(P) ermittelt. Über den Funktionsblock 38 wird aus der Drehzahl Differenz dnMOT, einem ersten Eingangssignal ve(M) und einem zweiten Eingangssignal EI, der I-Anteil ve1(I) berechnet. Hierbei ist der I-Anteil ve1(I) auf das erste Eingangssignal ve(M) begrenzt. Über den Funktionsblock 39 wird aus der Drehzahl Differenz dnMOT und einer Eingangsgröße ED der D-Anteil ve1(D) berechnet. Das erste Eingangssignal ve(M) entspricht entweder dem Signal ve2(F) oder einem Signal ve1(KF), je nachdem, welches Signal die geringere Wertigkeit aufweist. Hierzu ist ein erster Funktionsblock Minimalwert 36 vorgesehen. Das Signal ve1(KF) wiederum wird aus der Motordrehzahl nMOT und weiteren Eingangsgrößen über Kennfelder 35 bestimmt. Die weiteren Eingangsgrößen sind als Sammelbezugszeichen E dargestellt. Die Eingangsgrößen E können beispielsweise der Ladeluftdruck pLL usw. sein. Alle drei Anteile werden über eine Summation 40 zu einem gemeinsamen Signal ve1(S) summiert. Über den zweiten Funktionsblock Minimalwert 41 wird sodann aus diesem Signal ve1(S) und aus dem Signal ve1(KF) dasjenige ausgewählt, welches die geringste Wertigkeit aufweist. Dieses Signal entspricht dem ersten Signal ve1.

Das vom zweiten Regler 15 berechnete zweite Signal ve2 beeinflusst die Berechnung des integrierenden Anteils ve1(I) des ersten Reglers 14. Aufgrund des Filters 21 ist jedoch das Signal ve2(F) gegenüber dem zweiten Signal ve2 zeitlich verzögert. Es liegt daher keine direkte Rückkopplung des Ausgangs des ersten Reglers 14 auf den integrierenden Anteil ve1(I) des ersten Reglers 14 vor. Der Ausgang ve1 des ersten Reglers 14 und der integrierende Anteil ve1(I) des ersten Reglers 14 sind dynamisch entkoppelt. Hierdurch wird eine unerwünschte Verstärkung der Reglerdynamik wirksam verhindert.

Beispielsweise bei einer schnellen Entlastung der Brennkraftmaschine, verkleinert sich das Ausgangssignal des ersten Reglers 14, also das erste Signal ve1. Insofern verringern sich auch der I-Anteil des zweiten Reglers 15 und das zweite Signal ve2. Ohne die verzögernde Wirkung des Filters 21 würde sofort auch der I-Anteil des ersten Reglers 14 verkleinert werden, was unter Umständen zu einer weiteren Verkleinerung des ersten Signals ve1 führen könnte.

Die Fig. 8 besteht aus den Teilfiguren 8A bis 8E. Dargestellt sind jeweils über der Zeit:

der modifizierte RM(ver) Reglermodus (Fig. 8A), das Motor-Moment MK (Fig. 8C), das erste ve1 und zweite Signal ve2 (Fig. 8D) und das leistungsbestimmende Signal ve (Fig. 8E). In Fig. 8B sind die Schaltstellungen des ersten 33 und zweiten Softwareschalters 34 zu den jeweiligen Zeitpunkten dargestellt. In Fig. 8C sind parallel zu der Abszisse zwei Begrenzungslinien MK(Max) und GW dargestellt. Die Diffe-

renz dieser beiden Begrenzungslinien entspricht dem Wert L1. Das Differenzmoment MK(Diff) ergibt sich aus dem jeweiligen Unterschied des Kurvenzugs mit den Punkten A bis F zum maximal zulässigen Motor-Moment MK(Max). In Fig. 8D ist als durchgezogene Linie der Verlauf des zweiten Signals ve2 dargestellt. Das erste Signal ve1 ist als gestrichelte Linie dargestellt.

Der Ablauf des Verfahrens ist folgendermaßen: im Zeitpunkt t1 wird davon ausgegangen, daß die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus betrieben wird. In diesem Modus wird das vom ersten Regler 14 berechnete erste Signal ve1 vom Auswahlmittel 16 als leistungsbestimmendes Signal ve gesetzt. Das in Fig. 8E dargestellt Niveau und der Verlauf des leistungsbestimmenden Signals ve entspricht somit dem Wert des ersten Signals ve1. Der Reglermodus RM wird vom Auswahlmittel 16 auf einen ersten Wert, hier Eins, gesetzt. Die beiden Softwareschalter 33 und 34 sind in der Stellung C/A. In dieser Schaltstellung entspricht der I-Anteil ve2(I) des zweiten Signals ve2 dem Wert des ersten Signals ve1. Mit anderen Worten: der I-Anteil ve2(I) des zweiten Signals wird auf den Wert des ersten Signals ve1 gesetzt. Im Zeitpunkt t1 liegt ein positives Differenzmoment MK(Diff) vor. Hieraus resultiert ebenfalls ein positiver P-Anteil ve2(P) des zweiten Reglers 15. Das zweite Signal ve2 errechnet sich zu:

$$ve2 = ve1 + ve2(P)$$

mit:

ve2 zweites Signal

ve1 erstes Signal

ve2(P) P-Anteil zweites Signal

Wie in Fig. 8D dargestellt, liegt der Wert des zweiten Signals ve2, Punkt J, oberhalb des Werts des ersten Signals ve1, Punkt G. Für den weiteren Verlauf wird davon ausgegangen, daß das erste Signal ve1 konstant bleibt.

Zum Zeitpunkt t1 wird nun davon ausgegangen, daß das Motor-Moment MK am Abtrieb der Brennkraftmaschine sich erhöht, d. h. der Kurvenverlauf in Fig. 8C ändert sich im Punkt A in Richtung des Punktes C. Aufgrund des sich verkleinernden Differenzmoments MK(Diff) wird sich der P-Anteil ve2(P) des zweiten Signals ve2 ebenfalls verringern. Der I-Anteil ve2(I) des zweiten Signals ve2 ist nach wie vor auf den Wert des ersten Signals ve1 gesetzt. Der berechnete Wert des zweiten Signals ve2 liegt deshalb oberhalb des ersten Signals ve1, d. h. bei einem größeren Wert. Im Punkt B der Fig. 8C ist das Differenzmoment MK(Diff) gleich dem Wert L1. Mit Überschreiten dieser Linie ändert der Softwareschalter 34 seine Schaltstellung. In Fig. 8B ist dies mit der Veränderung der Schaltstellungen von C/A und C/B dargestellt. Ab diesem Zeitpunkt wird der I-Anteil ve2(I) des zweiten Signals ve2 nicht mehr auf den Wert des ersten Signals ve1 gesetzt, sondern lediglich auf den Wert des ersten Signals ve1 limitiert. Der integrierende Anteil des zweiten Reglers 15 beginnt somit ab diesem Zeitpunkt frei zu laufen.

Zum Zeitpunkt t2 ergibt sich ein Differenzmoment MK(Diff) von Null. Hieraus resultiert, daß der P-Anteil ve2(P) des zweiten Signals ve2 ebenfalls Null ist. Zu diesem Zeitpunkt entspricht der Wert des zweiten Signals ve2, dem Wert des ersten Signals ve1, Punkt K in Fig. 8D. Überschreitet nun das Differenzmoment MK(Diff) das maximal zulässige Motor-Moment MK(Max), so verursacht dies einen Vorzeichenwechsel des Differenzmoments MK(Diff). Hieraus folgt, daß das zweite Signal ve2 nunmehr einen kleineren Wert aufweist als das erste Signal ve1. Als Reaktion hierauf ändert das Auswahlmittel 16 den Reglermodus RM von 1 nach 0 und setzt als leistungsbestimmendes Signal ve das zweite Signal ve2. Zusätzlich ändern die beiden

Softwareschalter 33 und 34 ihre Schaltstellung nach D/B. Im Zeitraum t2 bis t4 ergibt sich aufgrund des angenommenen Verlaufs des Differenzmoments MK(Diff) ein entsprechender Verlauf des zweiten Signals ve2, entsprechend dem Kurvenzug K bis N. Da die Brennkraftmaschine nunmehr im MBR-Modus betrieben wird, entspricht der Verlauf des leistungsbestimmenden Signals ve dem Verlauf des zweiten Signals ve2.

Zum Zeitpunkt t4 wird nun davon ausgegangen, daß der Wert des zweiten Signals ve2 dem Wert des ersten Signals ve1 entspricht. Das Auswahlmittel 16 wird aufgrund der Minimalwertauswahl den Reglermodus RM wieder auf den ersten Wert, hier Eins, setzen und als leistungsbestimmendes Signal ve das erste Signal ve1 setzen. Ab dem Zeitpunkt t4 entspricht somit der Verlauf des leistungsbestimmenden Signals ve dem Verlauf des ersten Signals ve1, d. h. ve bleibt konstant, wie in Fig. 8E dargestellt. Bedingt durch die Änderung des Reglermodus RM ändern sich die Schaltstellungen der beiden Softwareschalter 33 und 34 nach C/B.

Im Punkt E entspricht das Differenzmoment MK(Diff) wieder dem Wert L1. Hierdurch verändert sich die Schaltstellung des zweiten Softwareschalters 34, d. h. die beiden Softwareschalter 33 und 34 nehmen nunmehr die Schaltstellung C/A ein. In dieser Schaltstellung wird der I-Anteil ve2(I) des zweiten Signals ve2 auf den Wert des ersten Signals ve1 gesetzt. Entsprechend dem weiteren Verlauf des Differenzmoments MK(Diff) ergibt sich für das zweite Signal ve2 ein Verlauf gemäß dem Kurvenzug N bis O. Zum Zeitpunkt t5 ist der betrachtete Zeitraum beendet.

In Fig. 9 ist ein Programmablaufplan des erfindungsge-
mäßigen Verfahrens dargestellt. Im Schritt S1 wird der Reglermodus RM mit 1 initialisiert, da beim Start der Brennkraftmaschine noch kein Motor-Moment vorliegt. Im Ausgangszustand wird die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus betrieben. Im Schritt S2 wird der erste Regler als dominant gesetzt, d. h. das erste Signal ve1 wird als leistungsbestimmendes Signal ve gesetzt. Im Schritt S3 und S4 wird das erste Signal ve1 berechnet und das aktuelle Motor-Moment MK eingelesen. Danach wird bei Schritt S5 aus dem aktuellen Motor-Moment MK und einem maximal zulässigen Motor-Moment MK(Max), ein Differenzmoment MK(Diff) berechnet. Im Schritt S6 wird geprüft, ob der Reglermodus RM gleich 1 ist, d. h. ob sich die Brennkraftmaschine nach wie vor im Drehzahl-Modus befindet. Ist dies nicht der Fall, d. h. die Brennkraftmaschine findet sich im MBR-Modus, werden die Schritte S16 bis S22 durchlaufen. Ergibt die Prüfung, daß die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus betrieben wird, so erfolgt bei Schritt S7 die Abfrage, ob das Differenzmoment MK(Diff) größer dem Wert L1 ist.

Bei positivem Prüfergebnis wird der I-Anteil ve2(I) des zweiten Signals ve2 auf den Wert des ersten Signals ve1 gesetzt, Schritt S8. Bei negativem Prüfergebnis im Schritt S7 wird die Berechnung des I-Anteils ve2(I) des zweiten Signals ve2 aktiviert, Schritt S9. Bei Schritt S10 wird der I-Anteil ve2(I) des zweiten Signals ve2 auf den Wert des ersten Signals ve1 limitiert. Bei Schritt S11 wird der P-Anteil ve2(P) des zweiten Signals ve2 in Abhängigkeit des Differenzmoments MK(Diff) und eines Proportionalbeiwerts kp berechnet. Bei Schritt S12 wird das zweite Signal ve2 über die Addition des P- und I-Anteils ermittelt. Danach wird bei Schritt S13 geprüft, ob das zweite Signal ve2 kleiner als das erste Signal ve1 ist. Ist dies nicht der Fall, so verzweigt das Programm zu Punkt A. Wird bei Schritt S13 festgestellt, daß der Wert des zweiten Signals ve2 kleiner als der Wert des ersten Signals ve1 ist, so wird über das Auswahlmittel 16 der Reglermodus RM auf einen zweiten Wert, hier Null, gesetzt. Durch das Auswahlmittel 16 wird als leistungsbestimmen-

des Signal ve nunmehr das zweite Signal ve2 gesetzt, d. h. der zweite Regler 15 ist dominant. Danach verzweigt der Programmablauf zum Punkt A mit dem erneuten Berechnen des ersten Signals ve1.

Wird bei Schritt S6 festgestellt, daß sich die Brennkraftmaschine im MBR-Modus befindet, so wird bei Schritt S16 die Berechnung des I-Anteils ve2(I) des zweiten Signals ve2 aktiviert. Der I-Anteil wird hierbei auf den Wert des ersten Signals ve1 limitiert, Schritt S17. Danach wird der P-Anteil wie zuvor beschrieben berechnet, Schritt S18. Aus dem P- und I-Anteil wird im Schritt S19 das zweite Signal ve2 ermittelt. Im Schritt S20 wird geprüft, ob der Wert des zweiten Signals ve2 kleiner ist als der Wert des ersten Signals ve1. Ist dies der Fall, so verzweigt der Programmablaufplan zum Punkt A. Bei negativem Prüfergebnis, d. h. das zweite Signal ve2 ist nicht kleiner als das erste Signal ve1 wird der Reglermodus RM auf einen ersten Wert, hier 1, gesetzt. Danach wird bei Schritt S22 als leistungsbestimmendes Signal ve das erste Signal ve1 gesetzt, d. h. der erste Regler 14 ist dominant.

Bezugszeichenliste

- 1 Brennkraftmaschine
- 2 Turbolader
- 3 Kraftstofftank
- 4 erste Pumpe
- 5 Drosselventil
- 6 zweite Pumpe
- 7 Hochdruckspeicher (Rail)
- 8 Injektor
- 9 Drucksensor
- 10 Rail-Drucksensor
- 11 Elektronisches Motorsteuergerät
- 12 Motorlast
- 13 Kupplung
- 14 erster Regler (Drehzahl)
- 15 zweiter Regler (Moment)
- 16 Auswahlmittel
- 17 Funktionsblock Erfassen/Filtern
- 18 Funktionsblock Erfassen/Filtern
- 19 Verzögerungsglied
- 20 Verzögerungsglied
- 21 Filter
- 22 Drehzahlsensoren
- 23 Funktionsblock
- 24 Funktionsblock Berechnung I-Anteil
- 25 Multiplikation
- 26 Summation
- 27 Verzögerungsglied
- 28 Summation
- 29 Multiplikation
- 30 Summation
- 31 Funktionsblock Minimalwert
- 32 Verzögerungsglied
- 33 erster Softwareschalter
- 34 zweiter Softwareschalter
- 35 Kennfelder
- 36 erster Funktionsblock Minimalwert
- 37 Funktionsblock Berechnung P-Anteil
- 38 Funktionsblock Berechnung I-Anteil
- 39 Funktionsblock Berechnung D-Anteil
- 40 Summation
- 41 zweiter Funktionsblock Minimalwert

Patentansprüche

1. Regelsystem zum Schutz einer Brennkraftmaschine

- (1) vor Überlast, deren Leistung, in Abhängigkeit eines den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignals (FW), über ein leistungsbestimmendes Signal (ve) eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß aus dem aktuellen Motor-Moment (MK) und einem maximal zulässigen Motor-Moment (MK(Max)) ein Differenzmoment (MK(Diff)) berechnet wird, wobei das Differenzmoment (MK(Diff)) maßgeblich ein zweites Signal (ve2) bestimmt ($ve2 = f(MK(Diff))$), aus dem den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignal (FW) ein erstes Signal (ve1) bestimmt wird und über ein Auswahlmittel (16) das erste (ve1) oder zweite Signal (ve2) als leistungsbestimmendes Signal (ve) gesetzt wird.
2. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Auswahlmittel (16) eine Minimalwertauswahl enthält, als leistungsbestimmendes Signal (ve) das erste Signal (ve1) gesetzt wird ($ve = ve1$), wenn das erste Signal (ve1) kleiner oder gleich dem zweiten Signal ist ($ve1 \leq ve2$) und als leistungsbestimmendes Signal (ve) das zweite Signal (ve2) gesetzt wird ($ve = ve2$), wenn das zweite Signal (ve2) kleiner als das erste Signal (ve1) ist ($ve2 < ve1$).
3. Regelsystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß über das Auswahlmittel (16) ein Reglermodus (RM) auf einen ersten Wert gesetzt wird ($RM = 1$), wenn das erste Signal (ve1) dominant ist ($ve = ve1$) und auf einen zweiten Wert gesetzt wird ($RM = 0$), wenn das zweite Signal (ve2) dominant ist ($ve = ve2$).
4. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Signal (ve1) aus einer Motordrehzahl (nMOT), einer Drehzahldifferenz (dnMOT) und dem zweiten Signal (ve2) mittels eines ersten Reglers (14) bestimmt wird.
5. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Signal (ve1) aus einem Fahrpedalwert (FP) und weiteren Eingangsgrößen, insbesondere einem Ladeluftdruck (pLL), mittels eines Funktionsblock (23) bestimmt wird.
6. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Signal (ve2) zusätzlich aus dem Reglermodus (RM) und dem ersten Signal (ve1) mittels eines zweiten Reglers (15) bestimmt wird.
7. Regelsystem nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Signal (ve1) auf den zweiten Regler (15) geführt ist.
8. Regelsystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des zweiten Reglers (15) auf den ersten Regler (14) und das Auswahlmittel (16) geführt ist.
9. Regelsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß im Signalpfad vom zweiten Regler (15) zum ersten Regler (14) ein Verzögerungsglied (20) und/oder ein Filter (21) angeordnet ist.
10. Regelsystem nach Anspruch 4 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein modifiziertes zweites Signal ($ve2(F)$), welches mittels Verzögerungsglieds (20) und/oder Filters (21) aus dem zweiten Signal (ve2) abgeleitet wird, eine Eingangsgröße des ersten Reglers (14) darstellt.
11. Regelsystem nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Auswahlmittels (16) auf den zweiten Regler (15) geführt ist.
12. Regelsystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß im Signalpfad vom Auswahlmittel (16) zum zweiten Regler (15) ein Verzögerungsglied (19) angeordnet ist.

13. Regelsystem nach Anspruch 6 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein modifizierter Reglermodus (RM(ver)), welcher mittels des Verzögerungsglieds (19) bestimmt wird, eine Eingangsgröße des zweiten Reglers (15) darstellt.

14. Regelsystem nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Regler (15) zumindest als I-Regler ausgeführt wird, wobei dieser einen I-Anteil berechnet ($ve2(I)$) und das zweite Signal (ve2) aus dem I-Anteil ($ve2(I)$) berechnet wird ($ve2 = f(ve2(I))$).

15. Regelsystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der I-Anteil ($ve2(I)$) auf den Wert des ersten Signals (ve1) gesetzt wird ($ve2(I) = ve1$), wenn das Differenzmoment (MK(Diff)) größer oder gleich einem Wert (L1) ist ($MK(Diff) \geq L1$) und der Reglermodus (RM) alternativ der modifizierte Reglermodus (RM(ver)) dem ersten Wert entspricht ($RM = 1$, $RM(ver) = 1$).

16. Regelsystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der I-Anteil ($ve2(I)$) auf den Wert des ersten Signal (ve1) limitiert wird, wenn das Differenzmoment (MK(Diff)) kleiner dem Wert (L1) ist ($MK(Diff) < L1$) oder der Reglermodus (RM) alternativ der verzögerte Reglermodus (RM(ver)) dem zweiten Wert entspricht ($RM = 0$, $RM(ver) = 0$).

17. Regelsystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß in die Berechnung des I-Anteils ($ve2(I)$) eine Nachstellzeit (TN) miteingeht und die Nachstellzeit (TN) entweder konstant ist ($TN = konst.$) oder eine Funktion der Motordrehzahl (nMOT) der Brennkraftmaschine (1) darstellt ($TN = f(nMOT)$).

18. Regelsystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert (L1) in Abhängigkeit des maximal zulässigen Motor-Moments (MK(Max)) berechnet wird ($L1 = f(MK(Max))$).

19. Regelsystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert (L1) in Abhängigkeit der Motordrehzahl (nMOT) berechnet wird ($L1 = f(nMOT)$).

20. Regelsystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Regler (15) zusätzlich als P-Regler ausgeführt ist, dieser einen P-Anteil ($ve2(P)$) berechnet und das zweite Signal (ve2) zusätzlich aus dem P-Anteil ($ve2(P)$) berechnet wird ($ve2 = f(ve2(P))$).

21. Regelsystem nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der P-Anteil ($ve2(P)$) in Abhängigkeit des Differenzmoment (MK(Diff)) und einem Proportionalbeiwert (kp) berechnet wird ($ve2(P) = f(MK(Diff), kp)$).

22. Regelsystem nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Proportionalbeiwert (kp) konstant ist ($kp = konst.$) oder in Abhängigkeit zumindest des Motor-Moments (MK) oder in Abhängigkeit zumindest des Differenzmoments (MK(Diff)) berechnet wird.

23. Regelsystem nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Proportionalbeiwert (kp) zumindest in Abhängigkeit des zweiten Signals (ve2) oder in Abhängigkeit des I-Anteils ($ve2(I)$) berechnet wird.

24. Regelsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Regler (14) zumindest als I-Regler ausgeführt wird, wobei dieser einen I-Anteil ($ve1(I)$) in Abhängigkeit eines ersten Eingangssignals ($ve(M)$), eines zweiten Eingangssignals (EI) und der Drehzahldifferenz (dnMOT) berechnet.

25. Regelsystem nach Anspruch 4 und 24, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite (14) Regler zusätzlich einen ersten Funktionsblock Minimalwert (36), einen

zweiten Funktionsblock Minimalwert (41) und Kennfelder (35) aufweist.

26. Regelsystem nach Anspruch 24 und 25 dadurch gekennzeichnet, daß das erste Eingangssignal (ve(M)) mittels des ersten Funktionsblocks Minimalwert (36) aus dem zweiten Signal (ve2) alternativ aus dem modifizierten zweiten Signal (ve2(F)) und einem mittels der Kennfelder (35) berechneten Kennfeld-Signal (ve1(KF)) ermittelt wird. 5

27. Regelsystem nach Anspruch 26 dadurch gekennzeichnet, daß Kennfeld-Signal (ve1(KF)) in Abhängigkeit der Motordrehzahl (nMOT)) und weiterer Eingangsgrößen (E), insbesondere Ladeluftdruck (pLL), berechnet wird. 10

28. Regelsystem nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Signal (ve1) mittels des zweiten Funktionsblock Minimalwert (41) aus dem Kennfeld-Signal (ve1(KF)) und zumindest aus dem I-Anteil (ve1(I)) ermittelt wird. 15

29. Regelsystem nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Motor-Moment (MK) aus gemessenen Eingangsgrößen mittels eines mathematischen Modells berechnet wird. 20

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Express Label No.
EV343679671US

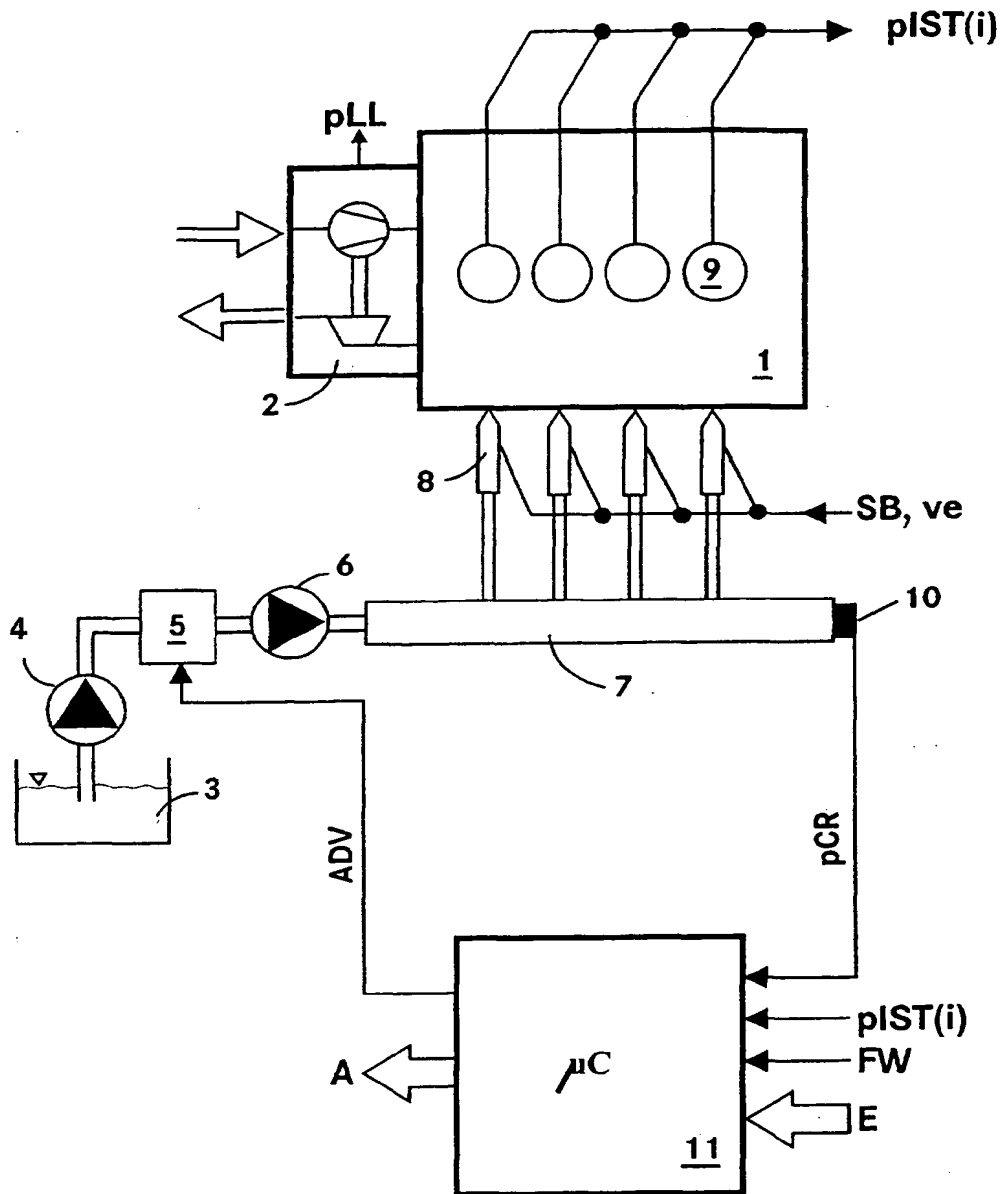


Fig. 1

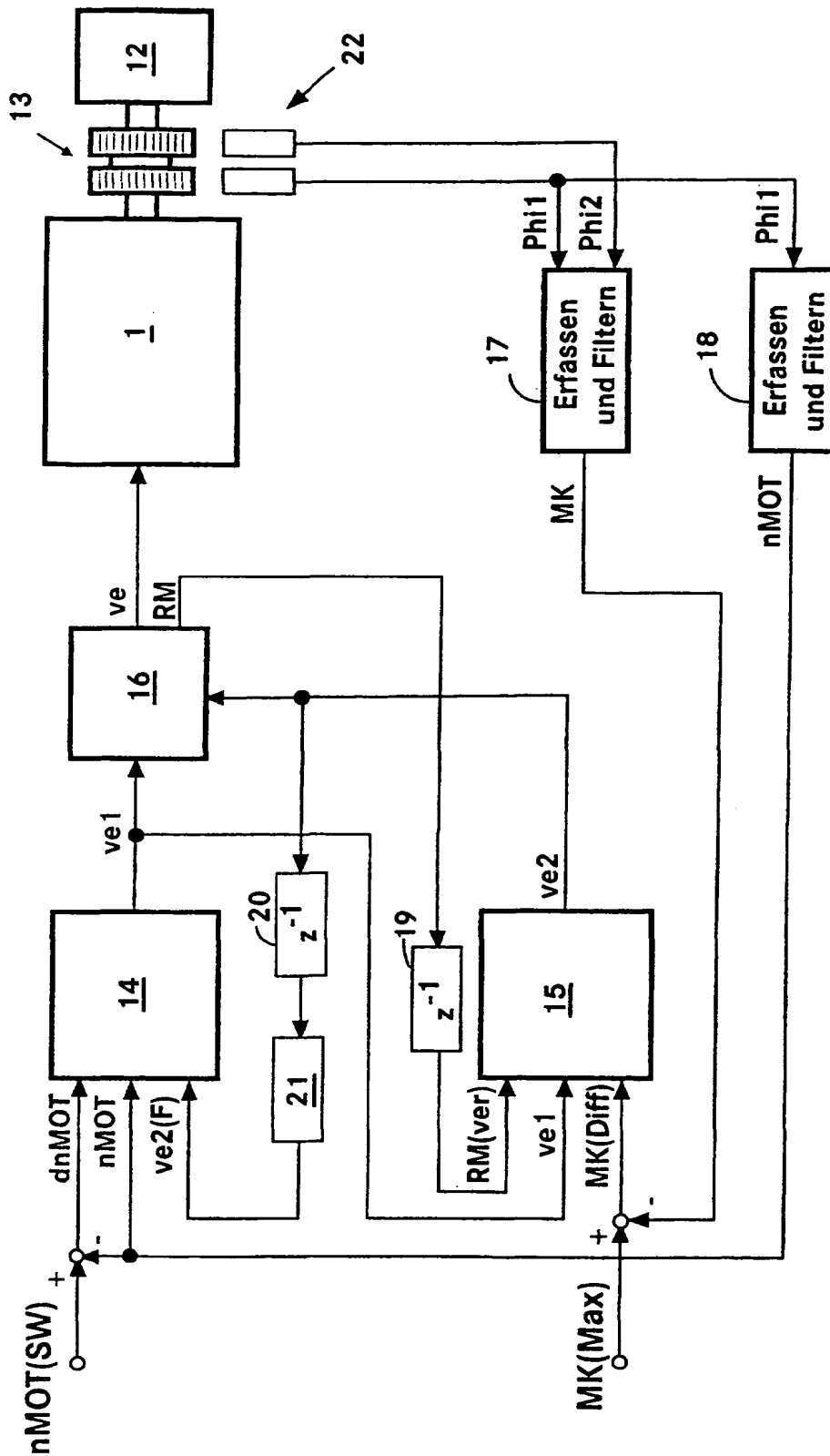


Fig. 2

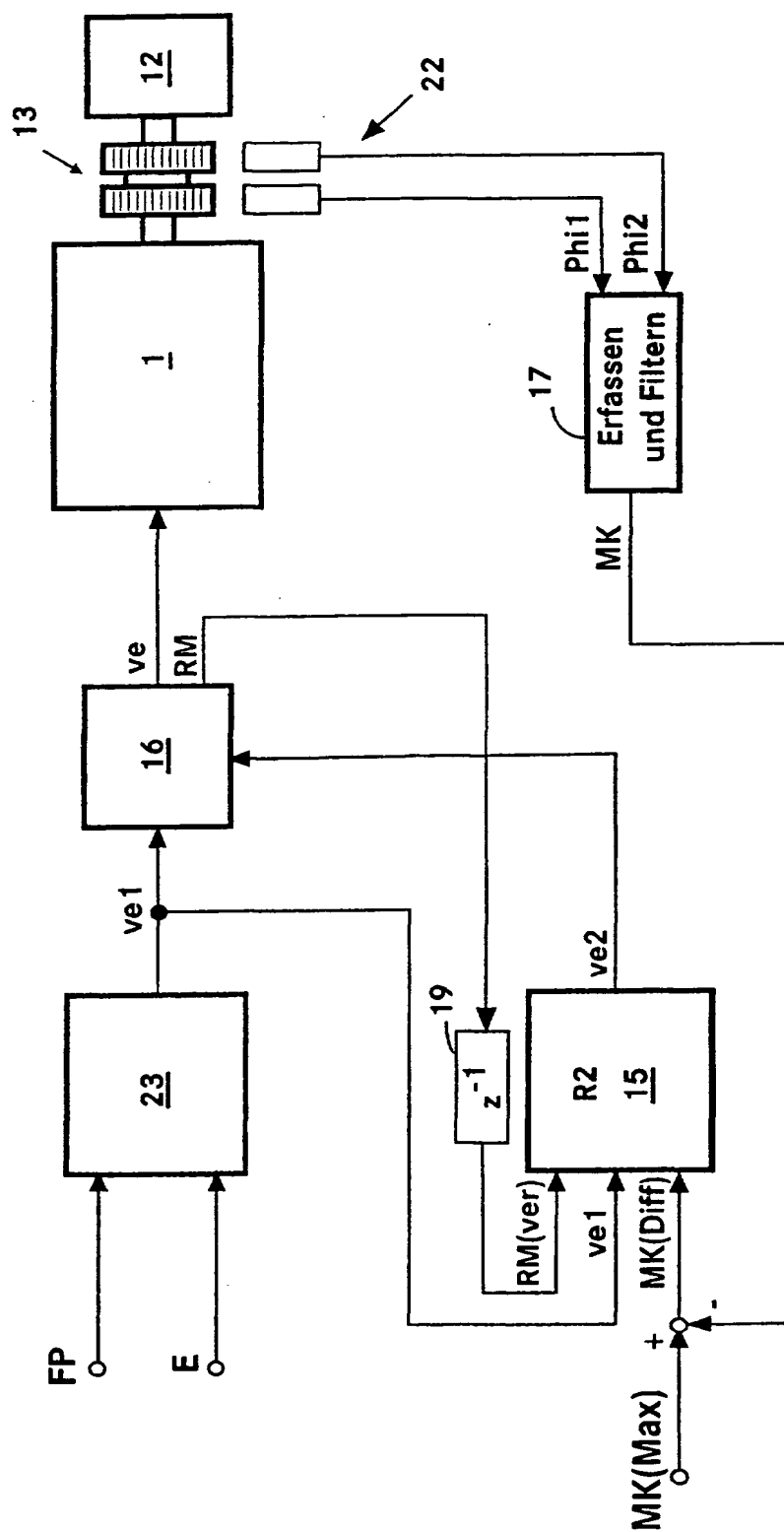


Fig. 3

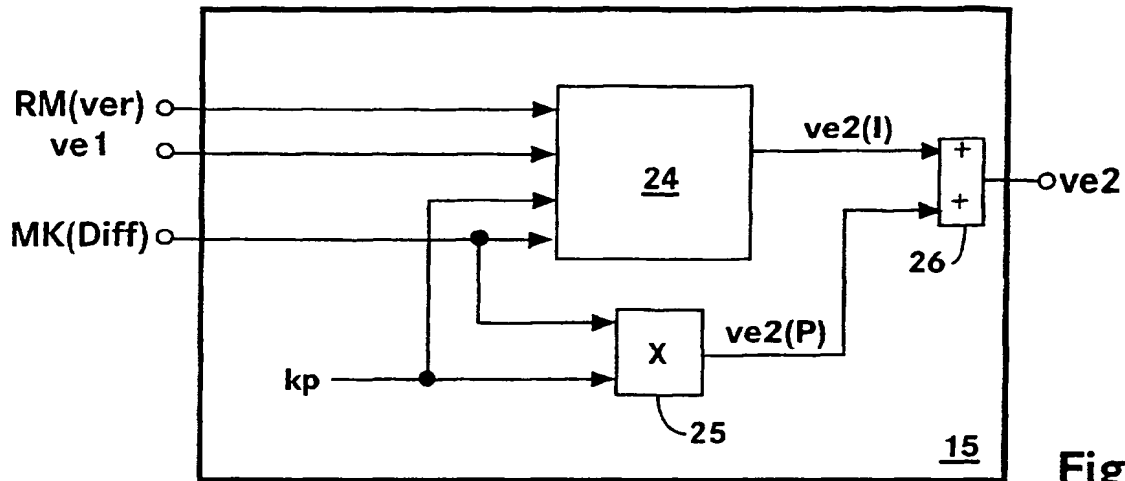


Fig. 4

	RM(ver)	MK(Diff)	aktiv
Regler 1 dominant	1	> L1	C / A
	1	< L1	C / B
Regler 2 dominant	0	< L1	D / B
	0	> L1	D / B

Fig. 5

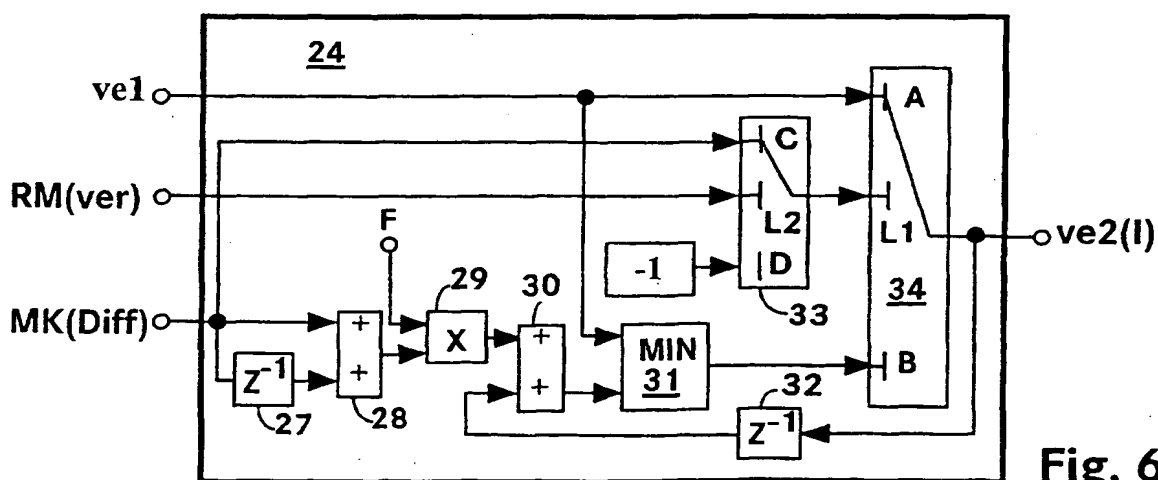


Fig. 6

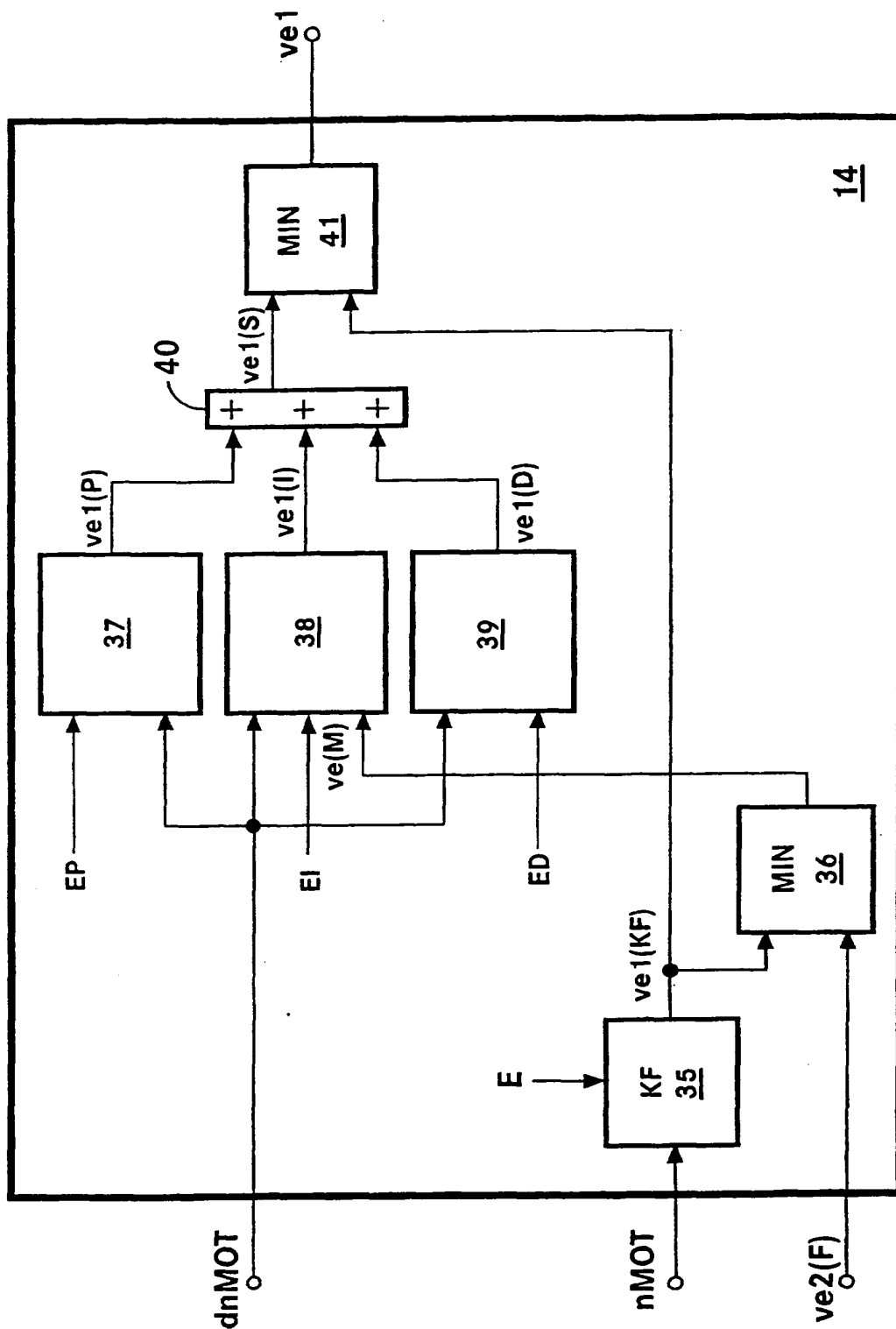


Fig. 7

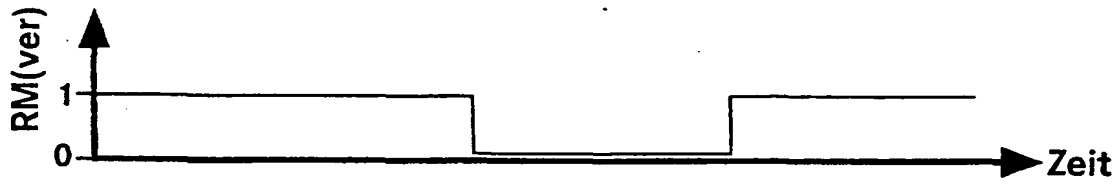


Fig. 8A

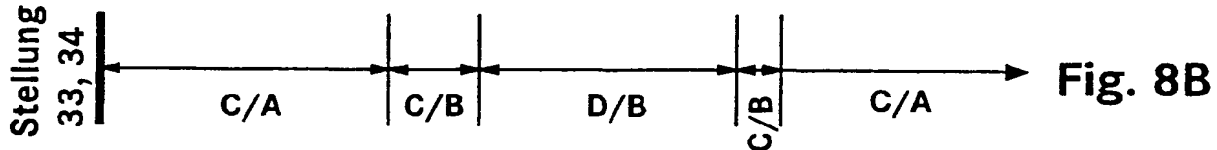


Fig. 8B

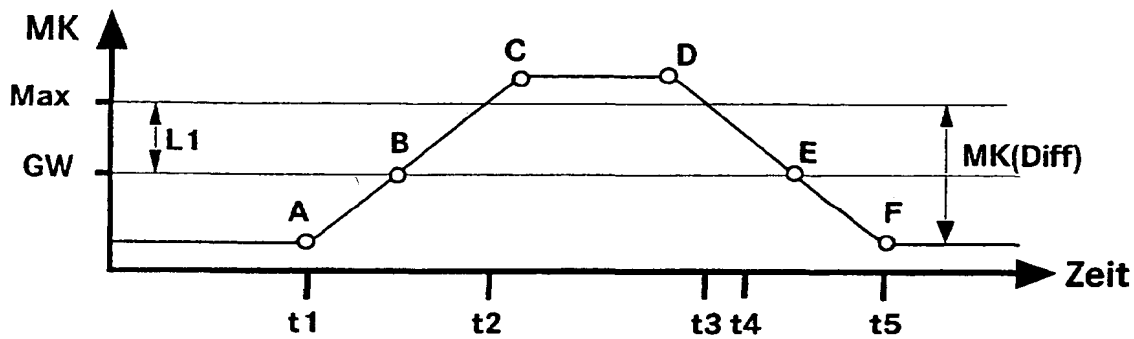


Fig. 8C

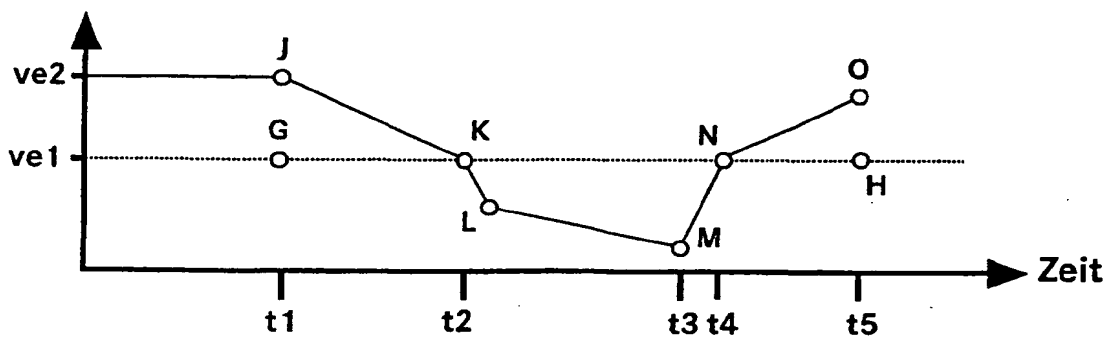


Fig. 8D

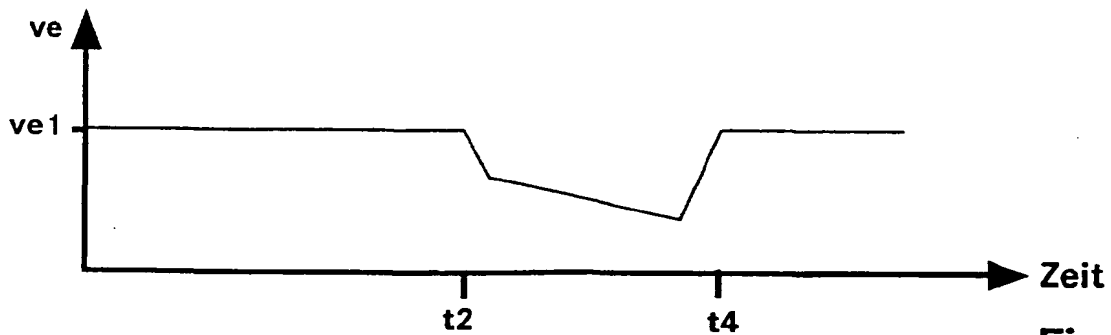


Fig. 8E

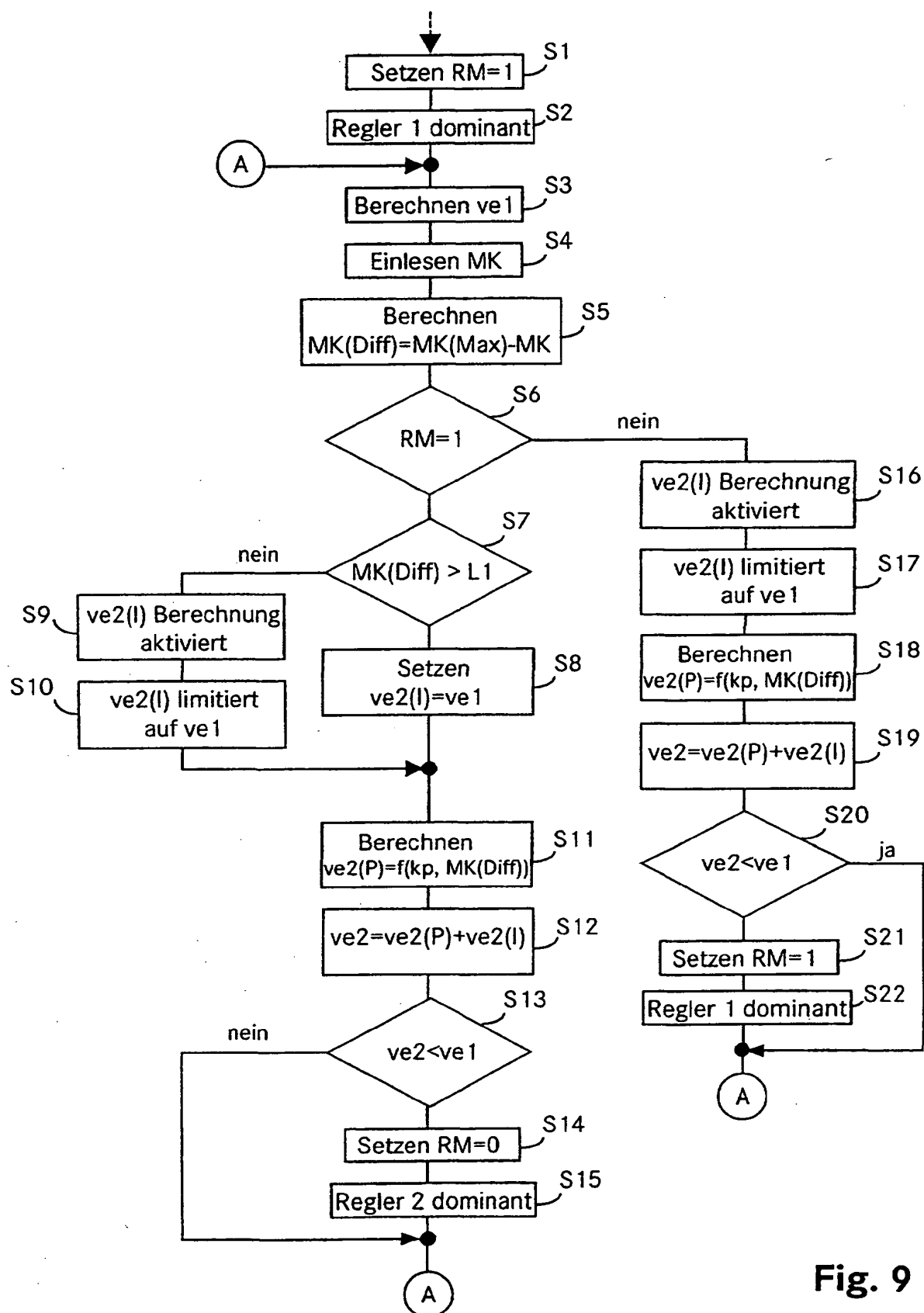


Fig. 9